

⑩ 日本国特許庁 (JP)
⑪ 公表特許公報 (A)

特許出願公表

平5-505085

⑫公表 平成5年(1993)7月29日

⑬Int.Cl. ³ H 03 L 7/18 7/093	識別記号 9182-5J	府内整理番号 H 03 L 9182-5J	審査請求 未請求 予備審査請求 未請求	部門(区分) 7 (3) Z E (全 8 頁)
---	-----------------	-----------------------------	------------------------	--------------------------------

⑭発明の名称 パラメータに寛容なPLLシンセサイザ

⑮特 願 平4-502948
⑯出 願 平3(1991)12月2日

⑰翻訳文提出日 平4(1992)8月10日
⑱国際出願 PCT/US91/08977
⑲国際公開番号 WO92/10879
⑳国際公開日 平4(1992)6月25日

優先権主張 ②1990年12月14日③米国(U S)④628,533

⑪発明者 ヒエタラ・アレキサンダー・ダ
ブリュ 10 アメリカ合衆国イリノイ州 60013、キャリー、キルデア・コート

⑫出願人 モトローラ・インコーポレーテ
ッド アメリカ合衆国イリノイ州 60196、シャンバーグ、イースト・ア
ルゴンクイン・ロード 1303

⑬代理人 弁理士 池内 義明

⑭指定国 AU, BR, CA, DE, FI, GB, JP, SE

BEST AVAILABLE COPY

請求の範囲

1. オープンループ単一ゲイン周波数および構成部品のパラメータの変動に対する許容性を有する位相ロックループシンセサイザであって、

出力信号を発生するための手段、

前記出力信号と所定の基準信号との間の差に関係する第1の信号を生成するための手段、そして

前記発生のための手段に結合される第2の信号を生成するために前記第1の信号を修正するための手段であって、該修正のための手段は、

(a) 第1の大きさにより前記単一ゲイン周波数に関係する第1の折点周波数を有する少なくとも1つのフィルタ伝送ポール、

(b) 第2の大きさにより前記単一ゲイン周波数に関係する第2の折点周波数を有する少なくとも1つのフィルタ伝送ゼロ、そして

(c) 前記第1の大きさおよび前記第2の大きさの内の1つの数値は2.5またはそれ以下であること、

を含むもの、

を具備する位相ロックループシンセサイザ。

2. 前記第1の折点周波数は前記第1の大きさよって乗算した前記単一ゲイン周波数に等しい請求の範囲第1項に記載の位相ロックループ。

3. 前記第2の折点周波数は前記第2の大きさによって除算した前記単一ゲイン周波数に等しい請求の範囲第1項に記載の位相ロックループ。

4. 前記数値は2.5から2.0の値の範囲にある請求の範囲第1項に記載の位相ロックループ。

5. 前記修正のための手段はさらに(d)前記第1の大きさおよび前記第2の大きさの内の前記他のものの数値が2.5またはそれ以下である請求の範囲第1項に記載の位相ロックループ。

6. 前記修正のための手段はさらに5次のフィルタを含む請求の範囲第1項に記載の位相ロックループ。

7. 前記修正のための手段はさらに(d)前記第1の大きさおよび前記第2の大きさの内の前記他の1つの数値が7.84またはそれ以下である請求の範囲第6項に記載の位相ロックループ。

8. さらに、1.5のファクタによって所定の値に関係する電流の出力値を有する少なくとも1つの電流源を備えた請求の範囲第1項に記載の位相ロックループ。

9. オープンループ単一ゲイン周波数および構成部品のパラメータの変動に対する許容性を有する位相ロックループシンセサイザであって、

出力信号を生成する電圧制御発振器、

前記電圧制御発振器の出力信号に結合されかつ周波数分割された出力信号を生成する周波数分割器、

前記周波数分割器に結合されかつ前記周波数分割された出力信号と所定の基準信号との間の差を表す制御信号を生成する位相検出器、

前記位相検出器に結合され前記制御信号を修正しつつ修正された制御信号を前記電圧制御発振器に結合するループフィルタであって、さらに

(a) 第1の折点周波数を有する少なくとも1つのフィルタ伝達ポール、

(b) 第2の折点周波数を有する少なくとも1つのフィルタ伝達ゼロ、そして

(c) 前記第1の折点周波数とオープンループ単一ゲイン周波数との第1の関係値が第1の数値に等しく、かつ前記第2の折点周波数とオープンループ単一ゲイン周波数との第2の関係が2.5またはそれ以下の第2の数値に等しいこと、

を含むもの、

を具備する位相ロックループシンセサイザ。

10. 前記第1の折点周波数は前記単一ゲイン周波数を前記第1の関係値により乗算したものに等しい請求の範囲第9項に記載の位相ロックループ。

11. 前記第2の折点周波数は前記単一ゲイン周波数を前記第2の関係値によって除算したものに等しい請求の範囲第9項に記載の位相ロックループ。

12. 前記数値は2.5から2.0の値の範囲にある精

求の範囲第9項に記載の位相ロックループ。

13. 前記第1の数値は2.5またはそれ以下の請求の範囲第9項に記載の位相ロックループ。

14. 前記ループフィルタはさらに5次のフィルタを含む請求の範囲第9項に記載の位相ロックループ。

15. 前記第1の数値は7.84またはそれ以下の請求の範囲第14項に記載の位相ロックループ。

16. さらに、1.5のファクタによって所定の値に関係する電流出力値を有する少なくとも1つの電流源を備えた請求の範囲第9項に記載の位相ロックループ。

明細書

パラメータに対応するPLLシンセサイザ

発明の背景

この発明は周波数シンセサイザに関し、かつより特定的には対称比率のパラメータに対応する構成を備えた多次ループフィルタを有する位相ロックループ(PLL)周波数シンセサイザに関する。

PLLシンセサイザは信号発振器の正確な周波数制御を提供するために種々の通信システムにおいて広く使用されている。この制御は与えられた精度限界に対し周波数を合成するために有限の時間が要求される点で完全ではない。さらに、位相ロック獲得速度とシンセサイザのスプリアスノイズ性能との間にトレードオフが存在する。

過去の通信システムにおいては、位相ロック時間は新しいデジタルセルラーシステムにおいて現在必要とされるほどに要求はなかった。デジタル無線システムは臨界的な時間インターバル内で特定された周波数内にロックしなければならず、さもなくばシステムによって伝達されるデータは復元できない。さらに、システムの無線カバレージ領域の回りを移動する、加入者ユニットは通信サービスを提供するカバレージ領域に隣接するカバレージにおいて利用可能なチャネルを常時チェックしつつサービス提供カバレー

ジ領域において周波数ホッピングを行っている。従って、周波数ロック処理は加入者ユニットとサービス提供カバレージ領域内の固定局との間で通信チャネルが使用されている時間の間は常に実行される。ロック時間は厳重な限界以下に維持されなければならない。

今日のPLLシンセサイザ設計は3次のPLLを使用し、該3次のPLLにおいては、オープンループ応答の伝達関数に1つの「移動(mobile)」極(pole)および1つの「ゼロ(zero)」がある。この極周波数およびゼロ周波数はオープンループのユニティゲイン周波数の回りに幾何学的に対称となるよう選択される。ゼロ周波数に対するオープンループのユニティゲイン周波数の比率は対称比率(symmetric ratio)と称される。

第1図に3次のPLLが示されており、かつ伝統的に次のように表されるオープンループの方程式を有する。

$$\frac{K_v K_\phi \{1 + j(\omega/\omega_z)\}}{\{s^2 N(C_1 + C_2) \{1 + j(\omega/\omega_p)\}\}}$$

なお、この場合、

$$\omega_z = 1 / (R_1 C_1)$$

N = 除算器111の周波数分割比

かつ

$$\omega_p = 1 / \{ R_1 (C_1 C_2) / (C_1 + C_2) \}$$

この表現のゲインおよび位相のグラフが第2図に示されている。これらのグラフはシステムの安定度を分析するために使用され、ゲインが0 dBをクロスする場合に位相が-180°より小さくならないようになる。これは安定度に関するよく知られた条件である。安定性の程度はゲインがユニティである周波数において-180°からの位相差によって測定される。この周波数は ω_0 と称されかつオープンループ単一またはユニティゲイン周波数である。この点における-180°を超える位相は位相マージンとして知られている。

低い周波数においては、2つの固有の極があり、1つはVCO 103の周波数-位相変換からのものであり、かつ1つは容量(C_2)入力フィルタを駆動する位相検出器109の出力における電流源105および107からのものである。第2図に示されるように、この構成は-12dB/ ω オクターブの周波数応答カーブの傾斜を生ずる。周波数が ω_z をクロスする時、極は1つの正味の極または6dB/ ω オクターブに折れ曲る。最後に、周波数が ω_p をクロスする時、スロープは再び2つの正味の極または-12dB/ ω オクターブに折れ曲りかつ周波数が増大するに応じて

この状態が続く。

この周波数応答に対する位相応答は直流(0 Hz)において-180°で始まる。ゼロに遭遇すると、位相は増大しつつ漸近的に-90°に近付く。最後に、極に遭遇すると、位相は-180°の漸近線に戻るよう減少する。オープンループの位相は決して-180°をクロスしないから、このシステムは安定である。一旦システムの安定性が確立されると、極およびゼロの配置は与えられたPLL帯域幅に対しロック時間が最小になるように選択することができる。閉ループPLL帯域幅の代わりにオープンループのユニティゲイン周波数を考慮することがより都合がよい。これらの周波数は実際上はほぼ同じになる。

以後、以下の条件が満足された時に最善の可能なロック時間が達成されることを示す数学的説明を行う。

$$\omega_0 / \omega_z = \omega_p / \omega_0 = X = : 2.75$$

なお、ここで=はほぼ等しいことを示すものとする。

この条件はオープンループのユニティゲイン周波数の回りの対称極配置として知られている。“X”は対称比率として知られている。第4図に示されるグラフはある固定された ω_0 に対するロック時間対称比率の例を示す。

前記説明はまず対称の極-ゼロ配置を仮定し、次にこれ

が3の対称比率“X”を有する最適の条件であることを示し、そして次にこの対称比率をロック波形のダンプされた正弦波的性質によってやや修正する。

オープンループ方程式は次のようになる。

$$KG(s) = K_\phi K_\nu \{ 1 + s / s_z \} \\ / [s^2 N (C_1 + C_2) \{ 1 + s / s_p \}]$$

オープンループのユニティゲイン周波数においては、KG(s)の大きさは1でなければならない。

$$1 = K_\phi K_\nu \{ 1 + (\omega_0 / \omega_z)^2 \}^{1/2} \\ / [\omega_0^2 N (C_1 + C_2) \\ \cdot \{ 1 + (\omega_0 / \omega_p)^2 \}^{1/2}]$$

この場合、Xは対称比率であり、 $\omega_0 / \omega_z = \omega_p / \omega_0 = X$ であるから、

$$1 = K_\phi K_\nu \{ 1 + X^2 \}^{1/2} \\ / [\omega_0^2 N (C_1 + C_2) \\ \cdot \{ 1 + (1/X)^2 \}^{1/2}]$$

上部の根から X^2 の因数を取出すと、

$$1 = K_\phi K_\nu (X^2 (1 + (1/X)^2))^{1/2} \\ / [\omega_0^2 N (C_1 + C_2) \\ \cdot (1 + (1/X)^2)^{1/2}]$$

ω_0 について解くと、

$\omega_0 = s_p / X$ であるから

$$\omega_0^2 = K_\nu K_\phi X / (N (C_1 + C_2)) \text{ および}$$

$$\omega_0^3 = K_\nu K_\phi s_p / (N (C_1 + C_2))$$

注目の関数はループの周波数誤差である。伝統的な制御理論からこれは次のように表すことができる。

$$E(s) = A(s) / \{ 1 + KG(s) \} \\ = (1 + s / s_p) s^2 \cdot A(s) \\ / [(1 + s / s_p) s^2 + K_\nu K_\phi \\ \cdot (1 + s / s_z) / (N (C_1 + C_2))]$$

この場合A(s)は入力関数である。

特表平5-505085 (4)

$$\begin{aligned} E(s)/A(s) &= (s^3/s_p + s^2) \\ &/ [(s^3/s_p) + s^2] \\ &+ K_\nu K_\phi s / (N(C_1 + C_2) s_z) \\ &+ K_\nu K_\phi / (N(C_1 + C_2)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E(s)/A(s) &= (s^3 + s^2 s_p) \\ &/ [s^3 + s^2 s_p] \\ &+ K_\nu K_\phi s_p + s / (N(C_1 + C_2) s_z) \\ &+ K_\nu K_\phi s_p / (N(C_1 + C_2)) \end{aligned}$$

上に得られた式において ω_0 を代入すると、

$$\begin{aligned} E(s)/A(s) &= (s^3 + X\omega_0 s^2) \\ &/ [s^3 + X\omega_0 s^2 + X\omega_0^2 s + \omega_0^3] \end{aligned}$$

分子および分母を ω_0 で除算しつつ $\bar{s} = s/\omega_0$ とする
と、

$$\begin{aligned} E(\bar{s})/A(\bar{s}) &= \\ &\{(\bar{s}/\omega_0)^3 + X(\bar{s}/\omega_0)^2\} \\ &/ \{(\bar{s}/\omega_0)^3 + X(\bar{s}/\omega_0)^2 \\ &+ X(\bar{s}/\omega_0) + 1\} \\ &= (\bar{s}^3 + X\bar{s}^2) / (\bar{s}^3 + X\bar{s}^2 + X\bar{s} + 1) \end{aligned}$$

することが示される。もし対称比率がより低ければ、ループはアンダーダンプの2次ループがリンクするようにリンクする。このリンクの使用はロック時間のエンベロープがより大きくなるとロック時間を低減できるようになる。

ループに対する駆動 (excitation) が周波数的に単位ステップである場合には、ロック時間は最終的なロックが初期ステップの 4×10^{-7} 倍に対応するように規定される。

$$A(\bar{s}) = 1/\bar{s} \text{、従って}$$

$$E(\bar{s}) = \bar{s}(\bar{s} + X)$$

$$/ \{(\bar{s} + 1)(\bar{s}^2 + (X - 1)\bar{s} + 1)\}$$

部分分数に分解すると、

$$\begin{aligned} E(\bar{s}) &= \{ (1 - X) \\ &/ (3 - X) \} (1 / (\bar{s} + 1)) \\ &+ \{ 2 / (3 - X) \} (\bar{s} + (X - 1) / 2) \\ &/ \{ \bar{s}^2 + (X - 1)\bar{s} + 1 \} \end{aligned}$$

逆ラプラス変換を得るための標準形式は次のようになる。

一般に、上の式の逆ラプラス変換は各々時間とともに指數関数的に減衰する3つの別個の極を生ずる。可能な最も早い減衰は3つの極が1つの周波数にある場合に生ずる。(ロック時間は最も低い周波数の極によって支配され、従って、すべてが等しければ、いずれの極も応答を支配しない)。

$X = 3$ であれば、

$$E(\bar{s})/A(\bar{s}) = (\bar{s}^3 + X\bar{s}^2) / (\bar{s} + 1)^3$$

従って、もし対称極ゼロ配置が $X = 3$ とともに選択されれば、ループ帯域幅を与えると、最も高速の可能なロック時間が得られることが分かる。しかしながら、ロック波形はダンプされた正弦波でありかつ $X = 3$ は最も早いロックエンベロープを表すから、対称比率を上に述べたものからやや調整しつつロック時間を改善することができる。第3図の時間に対する周波数誤差のグラフはこの状況を示す。

第3図から、受入れ可能な最終エラーが何であるかに対する初期周波数の規定は X のどの値が最適であるか、すなわち、「ロックされた」についての異なる解釈はダンプされた正弦波の次のピークを捕えるかあるいは捕えないかが分かる。

種々の対称比率をシミュレートすることにより、 $X = 3$ またはそれ以上が「オーバダンプされた」タイプの応答で

$$\begin{aligned} E(\bar{s}) &= \{ (1 - X) \\ &/ (3 - X) \} (1 / (\bar{s} + 1)) \\ &+ \{ 2 / (3 - X) \} (\bar{s} - (1 - X) / 2) \\ &/ \{ (\bar{s} - (1 - X) / 2)^2 \\ &+ \{ ((3 - X) (1 + X) / 4)^{1/2} \}^2 \} \end{aligned}$$

標準形式のテーブルから逆変換を解くと次のようになる。

$$\begin{aligned} e(\tau) &= \{ (1 - X) / (3 - X) \} e^{-\tau} \\ &+ \{ 2 / (3 - X) \} e^{((1 - X) / 2) \tau} \\ &\cdot \cos \{ ((3 - X) (1 + X) / 4)^{1/2} \tau \} \end{aligned}$$

従って、初期ステップの 4×10^{-7} への最も高速のロック時間は $X = 2.625$ に対して生ずる。他のシステムはロック状態が初期ステップの 0.0001 倍に対応することを要求しつつその場合は最も高速のロックは $X = 2.778$ に対して生じた。これらの説明は連続的な時間のモデルに対して有効である。もしループの帯域幅がサンプリング周波数の 1% より大きければ、1次のサンプリング修正モデルが最善の点を見つけるために使用されるべきである。

従って、第4図のロック時間対対称比率のグラフから最適の対称比率は3次のループに対し $X = 2.7$ であること

図面の簡単な説明

第1図は、位相ロックループシンセサイザのブロック図である。

第2図は、第1図のシンセサイザのループ応答のゲイン対周波数および位相対周波数のグラフである。

第3図は、ロック時間を示す位相ロックループシンセサイザの周波数エラー対時間グラフである。

第4図は、伝統的な位相ロックループシンセサイザのロック時間対称比率のグラフである。

第5図は、対称比率の変化に対するロック時間対ループの相対ゲインのグラフである。

第6図は、本発明を用いることができる位相ロックループシンセサイザのブロック図である。

第7図は、第6図のシンセサイザのループ応答のゲイン対周波数および位相対周波数のグラフである。

好みしい実施例の説明

2. 7の対称比率 (symmetric ratio) を使用する可能な最も高速の3次のループはもし該ループの構成部品およびゲインが十分に制御できれば真に最善の動作点である。実際にVCO 103の制御入力ゲインは典型的には、4~1のトータルゲイン変動に対し、2~1に変化しかつ位相検出器のゲイン109は典型的には2~1に変化することができる。位相ロックループ (PLL)

が分かる。本PLLは典型的にはこの基準に従って選択された3次のループの対称比率を有する。この選択はPLLの帯域幅が与えられれば最も高速の可能なループを実現することになる。しかしながら、実際の位相ロックループを実現するために使用される構成部品は環境状態および通常の部品の許容変動にさらされるから、最も高速のループの選択はロック時間の変動を受けこれは望ましくない結果を生ずるかもしれない。

発明の概要

本発明はオープンループの単一ゲイン周波数および構成部品のパラメータ変動に対する許容性を有する位相ロックループシンセサイザを含む。発生器が出力信号と所定の基準信号との間の差に関係する第1の信号を生成するために使用される出力信号を発生する。該第1の信号は修正されて前記発生器に結合される第2の信号を生成する。前記修正は第1の大きさにより前記単一ゲインの周波数に関する第1の折点周波数を有する少なくとも1つのフィルタ伝送ポール (pole) を含む。前記修正はまた第2の大きさにより前記単一ゲインの周波数に関する第2の折点周波数を有する少なくとも1つの伝送ゼロ (zero) を含む。前記第1の大きさおよび第2の大きさは共に2.5より小さな数値を有する。

のロック時間はゲインが種々の対称比率に対して変化するに応じて変化することが見られかつ第5図に示されている。

(ロック時間対ゲインのコンピュータシミュレーションから発生される) 第5図から、もし「最適の」点が伝統的な方法で選択されれば、ロック時間はゲインが減少するに応じて急激な劣化を受ける。これに対し、ゲインはロック時間に対する劇的な影響なしに増大することができる。従って、対称比率の最適な設定に対する訂正是PLLをあたかもそれらが実際のゲインの2分の1であるかのように設計することである。これは動作点を2の相対ゲインに移動させ、これはロック時間に悪影響を与えることなく50%のゲイン低減を可能にする。増大したゲインはスプリアス信号排除を6dBだけ劣化させるが、これは僅かな劣化でありかつ工学的なトレードオフに十分値する。

最適設計に対する第2の修正はより高いゲインにおいてX=2.7が最善の動作点でないことを注目することにより実現される。約2.3の対称比率が2の相対ゲインにおいてより少ないロック時間を生じかつ最小値の付近でより平坦なカーブを生ずることは本発明の重要な特徴である。

従って、もしポールおよびゼロが2.3の比率でもってオープンループ単一ゲイン周波数の回りに対称に配置されれば、3次のPLLはほぼ最善の可能なロック時間およびループパラメータの変動に対する高い許容性を持って設計

できる。さらに、ループは実際のゲインがそれに対してループフィルタが設計されるゲインの2倍になるように設計されるべきである。

3次のPLLに対しては、オープンループゲインおよび位相は次のように与えられる。

$$\begin{aligned} T_{\text{オープンループ}}(s) &= K_v K_\phi \quad (1) \\ &+ j(\omega_0/\omega_z) / [s^2 N(C_1 + C_2) \\ &\cdot (1 + j(\omega_0/\omega_p))] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_3(\omega_0) &= \tan^{-1}(\omega_0/\omega_z) \\ &- \tan^{-1}(\omega_0/\omega_p) - 180^\circ \end{aligned}$$

これらの概念はより高い次数の位相ロックループに拡張できる。目標はより高次のシステムの位相応答をオープンループ単一ゲイン周波数における3次のシステムのそれに等しくすることである。これは3次のシステムと同様の時間領域応答を有するが高い周波数のノイズ成分に対する付加的な減衰を有する位相ロックループを実現する。より高い次数のループの設計は3次のループの分析と共に始めることができかつ、本発明に従って、2.5より小さな対称比率を有するゼロ周波数およびポール周波数を使用する。4次のループはオープンループ単一ゲイン周波数における両位相を等化することにより形成され、それによりポール

特表平5-505085 (6)

周波数を増大させる。さらに、オープンループ単一ゲイン周波数において同じ位相を有する5次のループはポール周波数を4次よりも周波数的に増大させる。

もし4次のループが伝統的な教示に従って設計されかつ3次の設計が2.7の対称比率を持つておれば、オープンループ単一ゲイン周波数に対する4次のポール周波数の比率は5.58になるであろう。しかしながら、本発明による4次のループは5.19またはそれより小さなオープンループ単一ゲイン周波数に対する4次のポール周波数の比率を有する。伝統的な4次のループについてのオープンループ単一ゲイン周波数に対するゼロ周波数の比率は2.7に留まり、一方本発明の4次のループについてのオープンループ単一ゲイン周波数に対するゼロ周波数の比率は2.5またはそれより小さくなる。

同様にして、伝統的な教示および2.7の3次の対称比率に従って設計された5次のループは8.42のオープンループ単一ゲイン周波数に対する5次のポール周波数比率および2.7のオープンループ単一ゲイン周波数に対するゼロの比率を有する。本発明による5次のループは7.84またはそれ以下のオープンループ単一ゲイン周波数に対する5次のポール周波数比率および2.5またはそれ以下の3次のループの対称比率(第7図に示される)に基づき2.5またはそれ以下のオープンループ単一ゲイン周波数に対するゼロ周波数の比率を有する。以下の表1は3次の

対称比率の値に対する4次および5次のループのためのポール周波数比率の位置付けを示す。

対称比率	ω_{p4}/ω_0	ω_{p5}/ω_0
2.0	4.24	6.42
2.1	4.43	6.70
2.2	4.62	6.98
2.3	4.81	7.27
2.4	5.00	7.56
2.5	5.19	7.84
2.6	5.39	8.13
2.7	5.58	8.42
2.8	5.77	8.71
2.9	5.97	9.00
3.0	6.16	9.29

表1

デジタルセルラ無線電話において有用な、5次のPLLの好ましい実施例においては、第6図に示されるものと同様のブロック図が使用される。受動(passive)ループフィルタが示されているが、本発明の教示に従ったアクティブ(active)ループフィルタも使用できる。

基準発振器601は周波数が安定な信号を位相検出器603に供給し、該位相検出器603はこの好ましい実施例においては $K_\phi = 1/2\pi$ を有する伝統的なトライステート位相検出器である。アップ(up)およびダウン(down)修正パルスがそれぞれアップ電流源105およびダウン電流源107に供給される。ループフィルタ609は示された構成により5次の応答を与える。ろ過された制御信号はVCO 103に印加されて発振器の周波数を変えかつ制御する。VCO 103からの出力は他の無線回路(図示せず)および位相検出器603に結合する前に周波数を低減するために伝統的な制御された周波数分割器111に出力される。位相ロックループはこのようにして $X=2.3$ の3次の対称比率を使用して構成されかつ本発明に従って以下のように設定される。

$$T_{\text{オープンループ}}(s) = K_v K_\phi \{ 1 + j(\omega_0/\omega_z) \} / [s^2 N (C_1 + C_2) - (1+j(\omega_0/\omega_{p4}))^3]$$

$$\phi_5(\omega_0) = \tan^{-1}(\omega_0/\omega_z) - 3\tan^{-1}(\omega_0/\omega_{p4}) - 180^\circ$$

3次のループおよび5次のループ ω_0 における位相を等しくすることにより、ポール位置において次の式が得られ

る。

$$\omega_{p5}/\omega_0 = 1/\tan((1/3)\tan^{-1}(1/X))$$

$$\omega_0/\omega_z = X$$

任意選択的なポールスキューファクタ "k" が1つのポールを $(1-k)$ により、第2のポールを $(1+k)$ により乗算し、かつ第3のポールを変化しないことにより5次のPLLに対して導入される。これは次のようなポール-ゼロ配置を生ずる。

$$\omega_{p5,1}/\omega_0 = (1-k) / \tan((1/3)\tan^{-1}(1/X))$$

$$\omega_{p5,2}/\omega_0 = (1+k) / \tan((1/3)\tan^{-1}(1/X))$$

$$\omega_{p5,3}/\omega_0 = 1 / \tan((1/3)\tan^{-1}(1/X))$$

$$\omega_0/\omega_z = X$$

5次の構成に対するゲインおよび位相の関係は第7図に示されている。位相マージンを3次の「最適の」PLLに等しくすることにより、(いずれかのポールスキー操作の前の)ポールゼロの位置に対する一般的な式は次のような。

$$\omega_p N / \omega_0 = 1 / \tan((1/(N-2)) \tan^{-1}(1/x))$$

$$\omega_0 / \omega_z = x$$

なお、この場合NはPLLの次数である。

好ましい5次のループの実施例においては、3次の対称比率Xは2.0から2.5の範囲(2.7の伝統的な値に対し最適には2.3)に設計されオープンループ単位ゲイン周波数に対するポール周波数の比率を6.42から7.84の範囲にし、かつ設定されたゲインは $K_\phi / 1.5$ から $K_\phi / 3.0$ の範囲になり、これらは第5図に示されており、以前には注目されなかった環境的な変動および構成部品の変動を受け入れる。

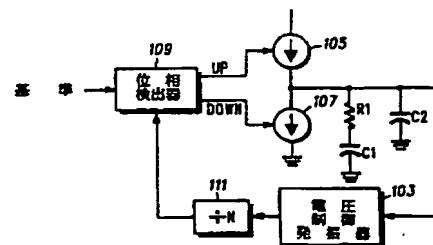


FIG.1

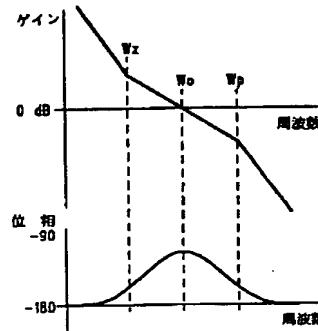


FIG.2

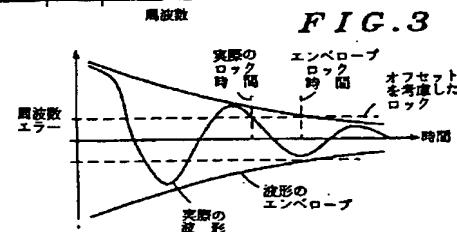


FIG.3

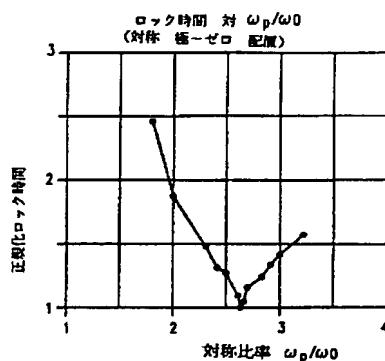
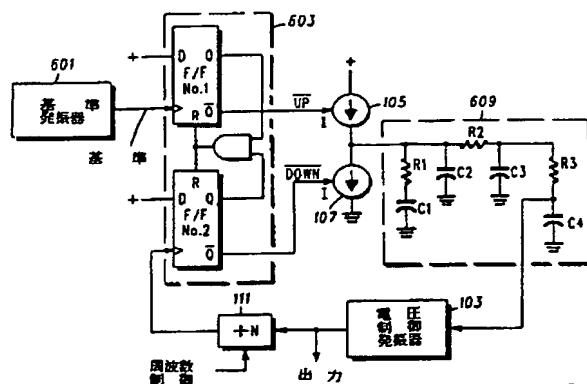
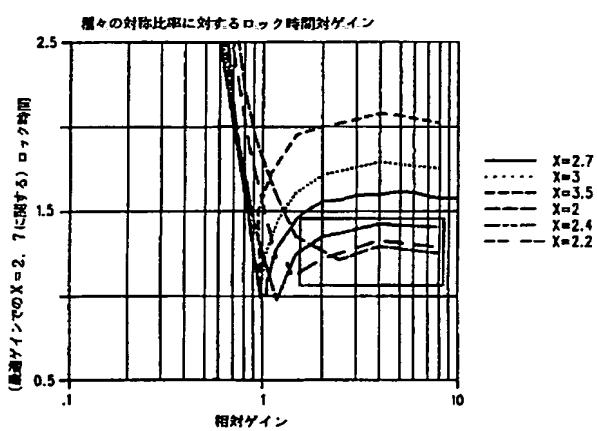
FIG.4
FIG.5

FIG.6

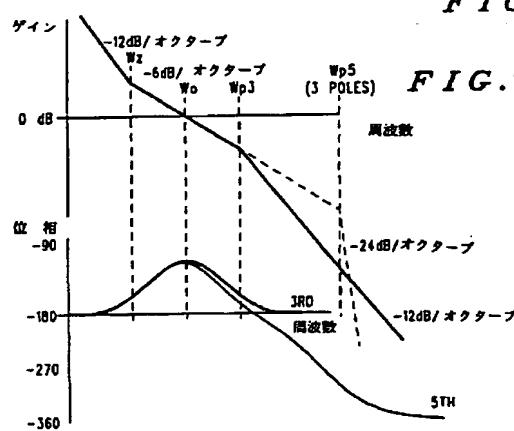


FIG.7

要 約 書

P L L シンセサイザにおいて、ゲインおよび構成部品の変動に対する許容性はループのゲインが該ループが最初に設計された場合のものより増大されかつもし 3 次のループの対称比率が 2. 0 ~ 2. 5 の範囲内の値に低減されれば大幅に減少する。3 次の対称比率の範囲に基づくより高次のループはそれに応じてより低いオープンループ単一ゲイン周波数に対する伝送ポール周波数比率を有する。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.